

**PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME KARET IJUK  
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA KOMPOSISI  
SERBUK IJUK**



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata Satu  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh :

**FERDIAN PUTRA PRATAMA**

**D 200.110.009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME KARET IJUK TERHADAP  
SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA KOMPOSISI SERBUK IJUK**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**FERDIAN PUTRA PRATAMA**

**D 200.110.009**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Utama



Masyrukan, ST, MT

## HALAMAN PENGESAHAN

### **PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME KARET IJUK TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA KOMPOSISI SERBUK IJUK**

Yang ditulis oleh:

**FERDIAN PUTRA PRATAMA**


**D 200.110.009**

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari , 11 - 08 - ..... 2017  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat.

Susunan Dewan Penguji :

1. Masyrukan, ST, MT.  
Ketua Dewan Penguji
2. Ir. Bibit Sugito, MT  
Anggota I Dewan Penguji
3. Patna Partono, ST, MT  
Anggota II Dewan Penguji

(  )  
(  )  
(  )

Dekan,



**Ir. H. Sri Sunarjono, MT, Ph.D**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa naskah publikasi dengan judul **PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME KARET IJUK TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA KOMPOSISI SERBUK IJUK** dibuat sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, bukan merupakan tiruan atau duplikasi skripsi yang sudah dipublikasikan dan pernah digunakan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 10 Agustus 2017

Yang menyatakan



**FERDIAN PUTRA PRATAMA**

## **PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME KARET IJUK TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA KOMPOSISI SERBUK IJUK**

### **ABSTRAKSI**

Penelitian komposit partikel ijuk ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam pada spesimen dengan pengujian sinar-x metode uji XRF( X-RAY Fluorescence ) terhadap komposit partikel ijuk mesh 100 yang menggunakan matrik karet dengan variasi komposisi 8 phr, 13 phr, 18 phr.

Proses awal pembuatan komposit dengan menyiapkan bahan seperti :serat ijuk, lateks cair dengan kadar karet kering 60 %, Zno, ZDEC, Ionol, Sulfur, Carbon Black. Ijuk digunakan sebagai filler. Serat ijuk dilakukan pencucian, penjemuran kemudian dilanjutkan dengan pengepresan, dipukul, blender dan disaring menggunakan mesh 100 hingga menjadi serbuk ijuk. Proses dispersi bahan kimia dilakukan selama 24 jam. Pencampuran bahan komposit dengan sebuah gelas, diaduk selama 10 menit lalu dituangkan didalam cetakan. Vulkanisasi menggunakan oven yang dipanskan pada suhu 100<sup>0</sup> selama 1 jam.

Hasil pengujian disimpulkan bahwa nilai unsur logam komposit terendah yaitu pada unsur logam besi ( Fe ) spesimen partikel ijuk yang komposisi ijuhnya sebesar 13 phr dengan nilai sebesar 0,292%. Sedangkan nilai unsur logam komposit tertinggi yaitu pada unsur logam seng ( Zn ), komposisi 25 phr, dengan nilai sebesar 3,192%. Komposit karet dengan komposisi ijuk besar belum tentu terdapat unsur logam yang lebih banyak.

**Kata kunci : Sinar-x, Partikel Ijuk, Mesh 100, Lateks, Vulkanisasi**

### **ABSTRACTION**

The composite study of the fibers particles was aimed to find out the metal content of specimens by X-ray Fluorescence X-ray Fluorescence test to the composite particles of mesh fiber 100 using rubber matrix with variation of 8 phr, 13 phr, 18 phr.

The initial process of making composites by preparing materials such as: fibers, liquid latex with levels of 60% dry rubber, Zno, ZDEC, Ionol, Sulfur, Carbon Black. Ijuk is used as filler. Fiber fibers done washing, drying then continued with pressing, beaten, blender and filtered using mesh 100 to become fiber powder. The chemical dispersion process is carried out for 24 hours. Mixing the composite material with a glass, stirring for 10 minutes then pouring in the mold. Vulcanization uses an oven that is dipanskan at 1000 for 1 hour.

The test results concluded that the lowest composite metal element value is in the element of ferrous metal (Fe) specimen of the fibers of the fibers which the composition of ijuhnya 13 phr with a value of 0.292%. While the highest value of metallic composite element that is on element of zinc metal (Zn), composition 25 phr, with value equal to 3,192%. Rubber composites with large fibers composition may not necessarily contain more metal elements.

**Keywords: X-rays, Ijuk Particles, Mesh 100, Latex, Vulcanization**

## 1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan salah satu budidaya perkebunan pohon karet yang sangat melimpah, sebagian besar produk karet alam tersebut di ekspor keluar negeri. Dengan kemajuan teknologi pengoptimalan getah karet sangat penting dilakukan supaya menghasilkan produk yang berguna bagi masyarakat, di dalam industri pun juga banyak sekali yang menggunakan bahan tersebut sebagai bahan utama untuk suatu produk tertentu. Contohnya barang olahan atau pencampuran bahan baku ban mobil atau sepeda motor, sandal karet, tambang, gelang karet, dan lain-lain. Karet alam mempunyai kelebihan antara lain ketahanan sobek, kekuatan tarik tinggi, elastisitas tinggi dan mempunyai kelebihan fleksibel. Oleh karena itu karet yang sudah diproduksi menjadi barang karet ini masih banyak kesempatan untuk mengembangkan produk olahan dari lateks karet alam.

Bahan yang digunakan sebagai matriks yaitu karet alam. Karet alam ini merupakan salah satu polimer yang berasal dari air getah tumbuhan (*Hevea brasiliensis*) dari famili *Euphorbiaceae*, karet alam dapat mencapai keteraturan yang baik, terutama ketika karet itu di regangkan, sehingga karet alam yang mengkristalkan pada regangan yang menghasilkan *tensile strength* yang tinggi. Penggunaan karet ini sebagai matrik, karena karet alam ini memiliki sifat fisik dan kimia yang baik, sehingga banyak diaplikasikan dalam bentuk produk-produk tertentu.

Unsur pengisi atau filler dari bahan komposit yang digunakan adalah partikel ijuk sebagai penguat dalam matriks karet alam. Serat ijuk ini merupakan serat alam yang berasal dari pohon aren, dilihat dari bentuk pada umumnya bentuk serat alam tidaklah sama. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan dan pembentukan serat tersebut tergantung pada lingkungan alam dan musim tempat serat tersebut tumbuh. Penggunaan ijuk ini banyak dimanfaatkan di dunia perindustrian seperti pabrik pembuat tali, tekstil kertas karena mempunyai kekuatan yang tinggi, keras, kedap air, tahan radiasi matahari dan juga baik untuk material komposit.

Sehingga dalam penelitian ini perbedaan ukuran mesh juga berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik dari komposit, karena ukuran mesh yang besar menghasilkan permukaan kasar dan ikatan antar partikel lemah sehingga ada pori

diantara partikel lemah sehingga ada pori di antara serta tidak semua partikel berkaitan baik dengan matrik. Ukuran partikel yang kecil menghasilkan permukaan yang halus dan ikatan antar partikel yang baik karena berkaitan dengan partikel. Dan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan komposit terhadap pengujian tarik, pengujian sobek dan pengujian sinar-x dengan metode uji *XRF (X-RAY Fluorescence)*.

Dari penjelasan diatas, maka dilakukan penelitian untuk membuat komposit karet alam yang berpenguat serbuk ijuk dengan mesh 100 variasi komposit 8 phr, 13 phr dan 18 phr.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini penulis mencari bahan-bahan teori dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan komposit karet berpenguat serat ijuk, standar pengujian, metode pembuatan komposit, jenis alat uji yang digunakan dan sebagian melalui buku, artikel, jurnal, dan juga internet.

Pembuatan serbuk ijuk ini dengan cara pengilingan ijuk bertujuan untuk memipihkan ijuk supaya pada saat penumbukan tidak memakan waktu yang lama. Setelah ijuk di giling langkah kemudian ijuk di tumbuk dengan penumbuk (*mortal pastle*) supaya ijuk sedikit hancur dan memudahkan pada saat pemblenderan, penumbuk yang di gunakan penumbuk jenis batu besar, agar saat penumbukan ijuk bisa mudah halus.



**Gambar 2.1** Penggilingan Ijuk



**Gambar 2.2** Penumbukan Ijuk



Setelah proses penumbukan ijuk, langkah selanjutnya yaitu pemblenderan, dimana disini ijuk sudah berubah bentuk menjadi serat pendek-pendek yang hampir halus, kemudian ijuk hasil penumbukan dimasukkan kedalam tempat blender yang kecil, yang biasanya digunakan untuk memblender mrica/ketumbar, dll. Kira-kira pemblenderan sudah maksimal kemudian hasil blenderan di tuangkan ke dalam saringan atau mesh yang berukuran mesh 100. Tidak semua hasil pemblenderan bisa masuk ke dalam mesh 100, adapun sisa ijuk yang tidak bisa masuk ke dalam mesh, sisa ijuk tersebut lalu dipukul lagi dan di blender sampai masuk ke dalam mesh 100.



**Gambar 2.3** Pemblenderan Ijuk



**Gambar 2.4** Pengemasan Serbuk



**Gambar 2.5** Mesh 100



**Gambar 2.6** Serbuk Ijuk

Pembelian bahan-bahan kimia ini dapat diperoleh di toko bahan kimia yang ada, pembelian bahan kimia ini sangat tidaklah mudah karena tidak semua toko ada, Penimbangan bahan kimia sesuai dengan komposisi pembuatan komposit.

Pencampuran bahan kimia dengan air dan butiran keramik, kemudian dimasukkan kedalam toples dan tutup toples dengan rapat (lapisi tutup dengan lakban untuk menghindari kebocoran pada tutup toples saat berputar).



Memasukkan toples ke dalam mesin dispersi (agitator), didalam mesin dispersi toples akan di putar selama 24 jam.

Pengambilan pendispersian kimia setelah 24 jam, disini bahan kimia yang sebelumnya berbentuk serbuk, sudah berubah menjadi cair.

Pembuatan spesimen sesuai standar pengujian sinar-x dengan metode XRF, pengujian sobek dengan ISO 34-1:2015 dan pengujian Tarik dengan SNI ISO 37:2015 (IDT-2011).

Persiapkan serbuk ijuk, lateks dan bahan kimia yang sudah di dispersi seperti sulfur, ZDEC, ZnO, Ionol dan Carbon Black sebagai bahan tambahan.

Menghitung berapa gram bahan yang akan ditimbang dengan komposisi phr yang akan digunakan lateks 100 phr, sulfur 3 phr, ZDEC 1 phr, Zno 3 phr, Ionol 2 phr, Carbon Black 1 phr dan ijuk dengan variasi 8 phr, 13 phr, 18 phr.

Kemudian setelah dihitung akan mengetahui berapa gram komposisi yang akan digunakan, lalu timbang bahan kimia, ijuk, latek dan langes.

Setelah itu tuangkan latek terlebih dahulu di gelas pengaduk dengan sedikit demi sedikit sambil mencampurkan dengan ijuk dan juga sambil di aduk lakukan secara terus menerus sampai serbuk ijuk tercampur merata dengan lateks. Setelah itu masukkan bahan kimia yang sudah di dispersi dan ditimbang ke dalam adonan latek tersebut dan di aduk lagi selama  $\pm 10$  menit (langkah ini bertujuan untuk mencegah terjadinya penggumpalan saat pengadukan berlangsung).

Tuangkan campuran antara ijuk, lateks, langes dan bahan kimia ke dalam cetakan dan ratakan sampai bahan komposit merata pada cetakan.

Selanjutnya proses vulkanisasi yang dilakukan dengan cara di oven, proses pengovenan dengan suhu  $\pm 100^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 1$  jam.

Setelah proses vulkanisasi selesai, ambil cetakan yang di dalam oven lalu diamkan sebentar agar cetakan tidak panas lalu ambil hasil vulkanisasi tersebut.

Pengujian radiasi sinar-x dilakukan karena untuk mengetahui unsur-unsur yang ada dalam sampel dengan menggunakan metode *spectrometer X-Ray* dan menggunakan rangkaian alat atau metode uji *XRF*. Komposisi bahan sampel yang akan di uji 8 phr, 13 phr, dan 18 phr.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Jenis pengujian yang dilakukan adalah pengujian sinar-x dengan metode uji XRF, pengujian tarik dan pengujian sobek.

Rangkaian alat radiasi sinar-x yang digunakan adalah spectrometer X-ray, dengan metode uji *XRF*. Data yang di ambil dari pengujian sinar-x ini menggunakan spesimen serbuk ijuk 8 phr, 13 phr, dan 18 phr, untuk mengetahui unsur-unsur yang ada dalam spesimen tersebut.

**Tabel 3.1** Standar Pengujian Sinar-X dengan Unsur Logam *Ti, Fe, Zn*

Unsur	I.Net	Compton	I.Net/C	Berat (g)	Kadar (%)
Ti	89	16662	0,005341	1,774	0,457
	80	16449	0,004864		
Fe	351	16662	0,021066	1,774	3,97
	337	16449	0,020488		
Zn	3841	15394	0,2495	0,818	10,94
	3803	15378	0,247301		

Pada garis warna hijau menunjukan nilai grafik logam seng (Zn) dengan besar komposisi serbuk ijuk 8 phr, 13 phr dan 18 phr. Pada komposisi serbuk ijuk 8 phr menunjukan nilai intensitas tertinggi dari semua jumlah phr yang di ujikan dengan nilai sebesar 3,192%, komposisi serbuk ijuk 13 phr mengalami penurunan dengan besar 2,403% dan pada komposisi serbuk ijuk 18 phr mengalami kenaikan sebesar 3,156%. Dari kesimpulan di atas menunjukan pada komposisi serbuk ijuk 13 phr mengandung logam seng (Zn) terendah dari komposisi serbuk iju lainnya, dan komposisi serbuk ijuk 8 phr memiliki kandungan logam seng (Zn) tertinggi.

Pada garis warna merah menunjukan nilai grafik logam besi (Fe) dengan besar komposisi serbuk ijuk 8 phr, 13 phr dan 18 phr. Pada komposisi serbuk ijuk 8 phr menunjukan nilai sebesar 0,560%, komposisi serbuk ijuk 13 phr memiliki nilai intensitas tertinggi dari semua jumlah phr yang di ujikan dengan nilai sebesar

1,002% dan pada komposisi serbuk ijuk 18 phr mengalami penurunan sebesar 0,486%. Dari kesimpulan di atas menunjukkan pada komposisi serbuk ijuk 18 phr mengandung logam besi (Fe) terendah dari komposisi serbuk iju lainnya, dan komposisi serbuk ijuk 13 phr memiliki kandungan logam besi (Fe) tertinggi.

Pada garis warna biru menunjukkan nilai grafik logam titanium (Ti) dengan besar komposisi serbuk ijuk 8 phr, 13 phr dan 18 phr. Pada komposisi serbuk ijuk 8 phr menunjukkan nilai intensitas tertinggi dari semua jumlah phr yang di ujikan dengan nilai sebesar 0,411%, komposisi serbuk ijuk 13 phr mengalami penurunan dengan besar 0,292% dan pada komposisi serbuk ijuk 18 phr mengalami kenaikan sebesar 0,308%. Dari kesimpulan di atas menunjukkan pada komposisi serbuk ijuk 13 phr mengandung logam titanium (Ti) terendah dari komposisi serbuk ijuk lainnya, dan komposisi serbuk ijuk 8 phr memiliki kandungan logam titanium (Ti) tertinggi.

Dari grafik pengujian tarik di atas menunjukkan rata-rata dari jumlah komposisi serbuk ijuk 8 phr, 13 phr dan 18 phr. Dari grafik di atas menunjukkan pada komposisi serbuk ijuk 8 phr dengan nilai  $6,751 \text{ N/mm}^2$ . Pada komposisi serbuk ijuk 13 phr mengalami penurunan uji tarik dengan nilai  $3,037 \text{ N/mm}^2$ . Dan pada komposisi serbuk ijuk 18 phr terjadi penurunan lagi dengan nilai  $1,638 \text{ N/mm}^2$  dan menjadi nilai terendah dari semua jumlah phr yang diujikan. Dari kesimpulan di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah phr semakin rendah kekuatan uji tarik yang di hasilkan.

Dari grafik perpanjangan putus di atas dihasilkan setelah melakukan pengujian tarik. Pada komposisi serbuk ijuk 8 phr dihasilkan penpanjangan putus sebesar 532%, pada komposisi serbuk ijuk 13 phr mengalami penurunan dengan nilai 480% dan pada komposisi serbuk ijuk 18 phr mengalami penurunan lagi dengan nilai 385,34%. Dari kesimpulan di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi serbuk ijuk maka semakin rendah perpanjangan putus yang di hasilkan.

Pengujian sobek ini menggunakan alat uji yang sama dengan alat uji tarik yaitu *Tensile Strength*, dengan standar uji ISO 34-1:2015. Data yang di ambil dari pengujian sobek ini menggunakan specimen serbuk ijuk 8 phr, 13 phr dan 18 phr

sebagai bahan pembanding pengujian. Fungsi pengujian ini juga hampir mirip dengan pengujian tarik, yaitu untuk mengetahui kekuatan sobek dari komposisi serbuk ijuk.

Pada grafik pengujian sobek di atas menunjukkan rata-rata dari komposisi serbuk ijuk 8 phr, 13 phr dan 18 phr. Pada komposisi serbuk ijuk 8 phr menunjukkan nilai sebesar 12,468 N/mm, kemudian pada komposisi serbuk ijuk 13 phr mengalami penurunan drastic sebesar 4,013 N/mm dan pada komposisi serbuk ijuk 18 phr mengalami penurunan lagi sebesar 3,196 N/mm. Dari kesimpulan di atas menunjukkan bahwa semakin besar komposisi serbuk ijuk semakin kecil juga hasil yang di peroleh dari uji sobek.

#### **4. PENUTUP**

##### **4.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa, pengujian komposit dan pembahasan data yang diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu :

Komposisi serbuk ijuk sangat mempengaruhi besar kecil nya kekuatan yang di hasilkan dari uji tarik, uji sobek dan mempengaruhi kandungan logam yang ada dalam spesimen tersebut.

Nilai unsur logam tertinggi pada pengujian sinar-x yaitu pada komposisi serbuk ijuk 8 phr dengan nilai unsur Zn sebesar 3,192%, Fe pada komposisi serbuk ijuk 13 phr sebesar 1,002% dan Ti pada komposisi serbuk ijuk 8 phr sebesar 0,411%. Sedangkan nilai unsur logam terendah yaitu pada komposisi serbuk ijuk 13 phr dengan nilai unsur Zn sebesar 2,403%, Fe pada komposisi serbuk ijuk 18 phr sebesar 0,486% dan Ti pada komposisi serbuk ijuk 13 phr sebesar 0,292%.

Pada pengujian tarik komposisi ijuk yang mampu menghasilkan kekuatan tarik lebih besar dihasilkan pada komposiss serbuk ijuk 8 phr dengan nilai sebesar 6,751 N/mm<sup>2</sup> dan nilai terkecil terdapat pada komposisi serbuk ijuk 18 phr dengan nilai sebesar 1,638 N/mm<sup>2</sup>. Perpanjangan putus juga menghasilkan nilai lebih besar di komposisi serbuk ijuk 8 phr dengan nilai sebesar 532%, dan nilai

terkecil pada komposisi serbuk ijuk 18 phr dengan nilai sebesar 385,34%. Pada uji sobek juga sama lebih besar di hasilkan oleh komposisi serbuk ijuk 8 phr dengan nilai sebesar 12,468 N/mm dan nilai terkecil terdapat pada komposisi serbuk ijuk 18 phr dengan nilai sebesar 3,196 N/mm.

Komposisi serbuk ijuk lebih besar belum tentu mampu menghasilkan kekuatan tarik dan kekuatan sobek lebih tinggi, dikarenakan bahan pengisi di setiap komposit berbeda-beda. Dan pada pengujian ini, komposisi serbuk ijuk lebih kecil mampu menghasilkan kekuatan tarik dan kekuatan sobek lebih tinggi.

#### 4.2 Saran

Untuk kelanjutan penelitian kedepannya, penulis mempunyai beberapa sara yang dapat digunakan untuk proses pengembangan dan pembuatan komposit karet dengan variasi serbuk ijuk, yaitu :

Perlu adanya alat yang lebih cepat dalam penghalusan serat ijuk menjadi bubuk, sebisa mungkin jangan menggunakan alat manual dikarenakan memakan waktu yang cukup lama.

Pembuatan cetakan spesimen lebih baik di buat tidak sesuai dengan ukuran spesimen yang akan di uji, kalau bisa di buat lebih besar karena saat spesimen sudah dingin akan mengalami penyusutan.

Saat pencampuran bahan sebisa mungkin sedikit demi sedikit mencampurkannya karena apabila di campur sekaligus akan terjadi penggumpalan di karenakan serbuk ijuk tidak tercampur dengan lateks.

Sebelum proses vulkanisasi pencampuran bahan harus benar-benar tercampur apabila masih terdapat gumpalan-gumpalan kecil saat vulkanisasi selesai bahan akan terdapat lubang-lubang kecil.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abu Hasan, Rocmadi, Hary Sulistyo and Suharto Honggo Kusumo, 2010, "*The influence of Mastication to Curing Characteristic of Natural Rubber and Physical Properties of Its Vulcanizates*"
- Annonim. 2003. Penungkatan Daya Saing Nasioanl Melalui Pemanfaatan Sumber Daya Alam Untuk Pengembangan Produk dan Energi Alternatif.

- Gibson, R.F., 1994., “*Principle Of Composite Material Mechanic*”. McGraw-Hill International Book Company, New York.
- Imam Munandar, Shirly Savetlana, Sugiyanto (2013). *Kekuatan Tarik Serat Ijuk (Arenga Pinnata Merr)*
- Kristiyanti, Sri Mulyono., 2005, “*Penentuan Daya Serap Apron Dari Komposit Karet Alam Timbal Oksida Terhadap Radiasi Sinar X*”, Puslitbang Teknologi Maju, BATAN Jogjakarta.
- Kristiyanti, dkk., 2011, “*Metoda Penentuan Daya Serap Perisai Radiasi Untuk Gonad Dari Komposit Lateks Cair Timbal Oksida*”, Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, BATAN Jogjakarta.
- Nelly Rahman, 2005., “*Pengetahuan Dasar Elastomer, Teknologi Barang Jadi Karet Padat*”, Balai Penelitian Teknologi Karet, Bogor.
- Prayitno G, 2009., “*Perhitungan Ketebalan Bahan Komposit Karet Alam Timbal Oksida Untuk Proteksi Radiasi Sinar X*”, Jurnal perangkat Nuklir, (3), BATAN Jogjakarta.
- Pusdiklat BATAN, 2004, “Proteksi Radiasi”,  
[URL:http://ansn.bapeten.go.id/?modul=topic&findDoc=proteksi+radiasi&menu=item&topicid=&shw=1&did=23](http://ansn.bapeten.go.id/?modul=topic&findDoc=proteksi+radiasi&menu=item&topicid=&shw=1&did=23) (Diakses 2016)
- Rabindra Mukhopadhyay, Sadhan K. De, S.N. “*Chakraborty Effect of vulcanization temperature and vulcanization systems on the structure and properties of natural rubber vulcanizates Polymer*” Volume 18, Issue 12, December 1977, Pages 1243–1249
- R.M. Jones, 1975, *Mechanics of Composite Material*, McGraw-Hill kogakusha,LTD,Wangsithon D.C